

一起來傷腦筋吧～處理器的整合與分工

高雄區農業改良場 鄭文吉

※本文已於2013年2月發表於農業世界雜誌354期96-102頁※

前言

前期為大家介紹電腦的基本架構以及運作模式，並藉此引伸說明雲端電腦的運作模式，也就是把許多電腦主機集合起來，讓它們的處理器、記憶體和硬碟空間等等資源可以相互分享共用，再依照需要分割成為許多台虛擬電腦，提供不同用途使用，就像卡通「鋼之鍊金術師」裡「一即是全、全即是一」的觀念一樣。文章最後，也介紹記憶體擴充時可能遇到的問題以及解決方法，希望能讓大家對雲端主機的運作原理能有進一步的了解。

本期將為大家進一步說明，雲端電腦是如何將很多台電腦的處理器加以整合，然後分配到不同虛擬電腦上面使用。不過在此之前，我們還是先從單一電腦的處理器運作方式談起，這樣再談很多台電腦的處理器是怎麼整合的，或許會比較容易了解一點。

處理器的運作模式

前期曾介紹過電腦的基本架構，整體來說，我們可以把電腦的運作原理簡化成「輸入→處理→輸出」三個步驟，也就是輸入資料，經過處理後輸出結果，而處理的動作則是由中央處理器(CPU)負責。因此，我們可以把中央處理器看做電腦的「大腦」，處理器的運算速度越快，處理同樣一件事所花的時間就越短，感覺上這台電腦就好像比較聰明一點。

然而，如果什麼事都要由處理器處理，那也是挺麻煩的。以人腦來說好了，假設今天你想從桌上拿起一顆蓮霧，那伸手拿起來就是了，想都不用想。這是因為人體各器官都有基本運作的功能，因此大腦不需要下很細節的命令就會做好。否則，如果你要先從眼睛收到的訊號判斷蓮霧在什麼方向、距離多遠，然後命令手臂的哪幾條肌肉收縮，哪幾條放鬆，以便讓手臂移動到那個位置，然後手指頭上的肌肉又該怎麼縮放，才能剛好抓起蓮霧，卻又不會把它捏爛。這些平時看來簡單的動作，認真一想還真是挺複雜的。

因此像這種基本行為，其實早就變成「本能反應」，連想都不用想。而這種本能反應有些是與生俱來的，例如心臟跳動、呼吸、吃喝東西和消化等等，這些動作根本不用大腦下命令，而且根本也不受大腦控制，就像我們不能憑意志力叫心臟暫時不要跳一樣；有些則是後天練習而來的，例如走路、騎車甚至開

車等等，一開始都要花很多時間去練習，但一旦會了，這些動作就變成本能反應。因此我們想走就能走，跳上車就可以騎，不用再去想應該如何保持平衡才不會摔倒，有突發狀況也自然就會閃避，不用再去想手腳應該做什麼樣的動作才能避開～老實說，如果有狀況還要想那些的話，那就來不及了。

電腦的運作原理其實也跟人差不多，如果什麼事都要由處理器運算和控制，那就算很簡單的動作也得下很複雜的命令才行。例如我們在螢幕上看到的畫面，其實是由許多縱橫排列的彩色點組成的，而每個點又可呈現 2^{24} ～約1677萬種的色彩變化(以全彩畫面為例)。如果我們隨便打一個字，電腦其實就得算出現要在螢幕的哪個座標位置「畫」出那個字的樣子，這樣我們才能在螢幕上看到那個字；如果是顯示照片甚至影片，那就更複雜了。這些動作如果都需要使用者自己下指令，大概也不會有人想要用電腦吧？同樣的，如果每個細節都需要中央處理器去控制和計算，那其他的事情也不用做了，電腦的效能一定慢到讓人想要把它敲爛。

為解決這樣的問題，資訊廠商便把一些週邊設備常用的基本動作的指令程式預先做好，讓它變成「先天本能」，這樣處理器只要告訴這些週邊設備該做什麼事就行了，細節的部份就由這些週邊設備自己處理，而處理器就可以再去做別的事，讓整體執行效率得以提昇。

在連載第3回介紹電腦處理方式的演進時提到，在早期大型電腦時代，一台電腦連結很多台終端機，可以提供很多使用者同時輸入資料，但因為主機一次只能處理一件事情，所以大家放進去的程式和資料就得排隊等主機裡的中央處理器一個一個處理。個人電腦興起後，雖然我們可以擁有自己的電腦，不用再去電腦中心排隊，但因為我們想用電腦處理的事情越來越多，因此開始裝設各種週邊設備，像軟碟機、硬碟機、光碟機、螢幕、鍵盤、滑鼠、網路、音效…。不只設備越裝越多，要求的品質也越來越好。因此，雖然現在電腦只有一個人在用，但其實要處理的事情卻還是很多，對處理器來說，它還是要同時解決一大堆事情。試想，如果你現在在玩一個聲光音效豐富的電玩遊戲，結果音樂突然沒聲音，因為處理器正忙著計算現在的3D畫面位置以便顯示出來；或者電玩人物正要廝殺卻突然停下來不動，因為處理器正忙著連線讀取資料…這樣是要怎麼玩下去？

為解決這種狀況，就得想辦法把常用的運算獨立出來，讓處理器的負擔降低，就像人體透過天生本能(例如心跳和呼吸)和後天學習(例如走路和開車)來降低大腦負擔一樣。前者就是前一節提過的，將週邊設備本身的基本動作交給它自行處理，處理器只要告訴它要做什麼就好；後者則是將基本動作再整合成較為複雜的動作，然後包裝在軟體程式裡面，讓使用者只需要下簡單的指令就可以做很複雜的動作。例如我們在電腦遊戲看到細膩的人物動作和精美的背景畫面，其實都是預先設計好人物和環境景色造型，並且計算好相對位置和顏色配置，然後再依序整個貼上去顯示出來。如果在玩遊戲時還要當場計算畫面上每

個點的相對位置和顏色，那一張畫面要多久才能算得完啊?遊戲如果不順暢的話，也就沒人想要玩了。

由於週邊設備必須自行處理本身運作所需的基本運算問題，因此本身其實也像電腦主機一樣，必須擁有自己的處理器來計算這些基本動作，同時也需要記憶體來存放中央處理器傳過來的指令和自己計算過程所產生的暫存資料。因此，這些週邊設備的品質好壞，也就由它本身的處理器和記憶體決定。

舉例來說，一般電腦主機板上通常都會預先設計了音效卡和顯示卡的功能，可以直接連接耳機、喇叭和螢幕，不用另外買。然而，如果你要求更高品質的音效和顯示效果，例如要玩十分緊張刺激的 3D 戰鬥遊戲，光靠主機板本身的顯示卡恐怕效果不彰，玩起來會覺得不夠順暢，這時就需要另外去買高性能的顯示卡，才能應付遊戲時的畫面變化顯示。而這類顯示卡本身除了高效能處理器和大容量記憶體外，還會比照電腦的中央處理器那樣為它加裝散熱風扇，以排除處理器運算時產生的高熱，避免零件過熱而損壞(如圖 1)。



圖 1.華碩 HD 7970 DirectCU II 顯示卡，內含 3GB DDR5 記憶體，處理時脈達 1000MHz，還配備兩顆風扇來散熱，可同時支援 6 部顯示器。

處理器如何同時做很多事情

由於中央處理器必須接收處理來自各種週邊設備所傳來的資料和指令，因此必須加以調配，否則就可能像早期大型電腦那樣，被某個指令佔用過久而影響其他的運作。此外，如果使用者想同時執行很多個程式，處理器也同樣必須加以調配，才不會因為某個程式還沒運算完畢而影響其他軟硬體設備的運作。

由於處理器一次只能處理一件事，因此一般來說，處理器是採用以下幾種方式來解決同時運作的需要：

1. 輪詢(Polling)：

這是由處理器輪流詢問(檢查)各週邊設備或軟體程式的狀態，看是否有需要處理的事情。若有就加以處理，沒有就跳過問下一個，就像老師在課堂上逐一點名詢問學生有沒有問題一樣。例如想要一邊聽音樂一邊打字寫文章，只要輪詢鍵盤和音效卡，看看鍵盤有沒有新輸入的字，並且提供下一段音樂的資料給音效卡播放，這樣就能兼顧聽音樂和打字的需要了。

2. 中斷(Interrupt)

中斷與輪詢相反，是由週邊設備或軟體程式主動提出問題要求處理器解決，就像學生在課堂上主動舉手問老師問題一樣。這樣的好處是化被動為主動，不用等處理器輪詢到自己才能被處理，而且處理器也不用不斷輪詢問它處理完了沒，只要設定這個設備正在處理中，等處理完畢後再發出中斷訊號通知處理器來接收結果就行了。

3. 直接記憶體存取(Direct Memory Access, DMA)

當我們需要進行大量的資料複製動作，例如從硬碟讀取一個資料檔案到記憶體裡面時，如果採用中斷的方式，就必須從硬碟把每一片段的資料複製到暫存器，然後再把資料複製到記憶體中。這樣不但多了一道手續，同時處理器也必須不斷被中斷攔截去處理這個讀取檔案的動作，相對也就影響其他工作的運作。這時，就可以採用直接記憶體存取的方式，將資料從硬碟檔案讀取出來並直接放入記憶體中，等資料讀取完畢，就發出中斷訊號通知處理器就行了，這樣就能節省時間並加快處理速度。

透過輪詢、中斷和直接記憶體存取這三種方式，處理器就可以更有效率的處理及控制各週邊設備和軟體所提出的需求，加上週邊設備也有自己的處理器和記憶體，能夠自行處理本身的基本動作，因此處理器只要給它資料和指令，它就能接續做後面的動作，而這段時間處理器又能處理其他事情。因此，雖然處理器只有一顆，卻能做到看似同時處理很多事情的「多工」效果。

多處理器及多核心處理器的運作

雖然單一處理器就可以處理很多事情，但若事情真的很多，還是會讓它忙不過來，讓人覺得不夠快。因此資訊業者就開始研發在一台電腦裡面裝置多顆處理器，讓事情可以更快速的處理完畢。

由於一般個人電腦使用者並沒有那麼多事情需要處理，因此會安裝多顆處理器的電腦，通常都是用在網路主機伺服器上面。因為網路主機往往會有來自世界各地無數使用者同時登入，每個人都會開啟不同的網頁瀏覽，因此伺服器必須能接收來自使用者的指令，然後針對不同使用者提供那個網頁的資料。

由於伺服器內部空間有限，要同時裝入很多顆處理器，除了主機板的線路必須重新調整外，還需要考慮散熱問題。因為處理器運作時會產生高熱，必須將這些熱量迅速排出機體外，以避免內部溫度過高導致零件損毀。以圖 2 為例，由於機體高度受限制，不能像一般個人電腦那樣在處理器上方裝置散熱



圖 2. 配備四顆四核中央處理器的網路伺服器，可以達到相當於 16 顆單核心處理器的效果。

風扇，因此就改成在中央裝置一整排的六顆強力風扇，從伺服器前方吸入冷空氣，然後將氣流通過處理器和記憶體等零件後，再從後方排出。至於零件的配置方向也需要注意，包括散熱片和記憶體都採縱向排列，以免阻礙氣流通過。

由於現在個人電腦的使用需求也越來越高，單一處理器已經不太能滿足現代人的需要，而安裝多顆處理器的伺服器成本又太貴，無法普及到讓一般使用者也買得起。於是，廠商就開始研究如何將很多顆處理器的零件裝在同一顆處理器裡面，因而產生了多核心處理器。這種多核心處理器並不是將處理器的線路構造完全複製很多組，而是只複製運算處理核心(Core)部分，其他的輸出入(IO)控制模組、快取記憶體(Cache)和記憶體控制模組等等構造，則採取共用方式處理，因此跟直接安裝很多顆處理器並不相同(如圖 3)。

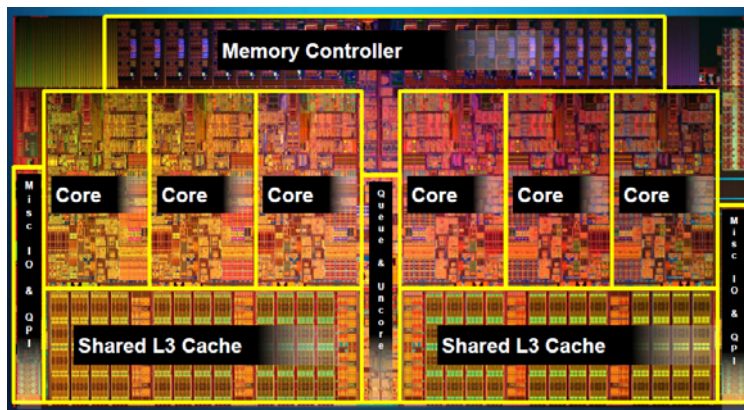


圖 3. Intel i7-980X 六核心處理器的構造，除了 6 個運算處理核心外，還有兩組共享的 L3 快取記憶體及記憶體控制模組等，提供運作時的資料傳輸彙整之用。

隨著科技的進步，現在處理器的核心數越來越多，目前最新的 Intel Xeon Phi 系列處理器內含超過 60 核心，整體執行速度可達 1.0108 teraFLOPS(每秒 1 兆次浮點運算)以上，比 1996 年世界最快的超級電腦還快。如果再配合安裝多顆處理器，其效能更是驚人(如圖 4)。

當然，這類超多核心處理器雖然威猛，但售價也十分驚人，因此主要還是用在網路伺服器上，以提供更多使用者或者軟硬體設備的處理需求，至於目前一般個人電腦所使用的處理器，還是以四核心或六核心為主流。

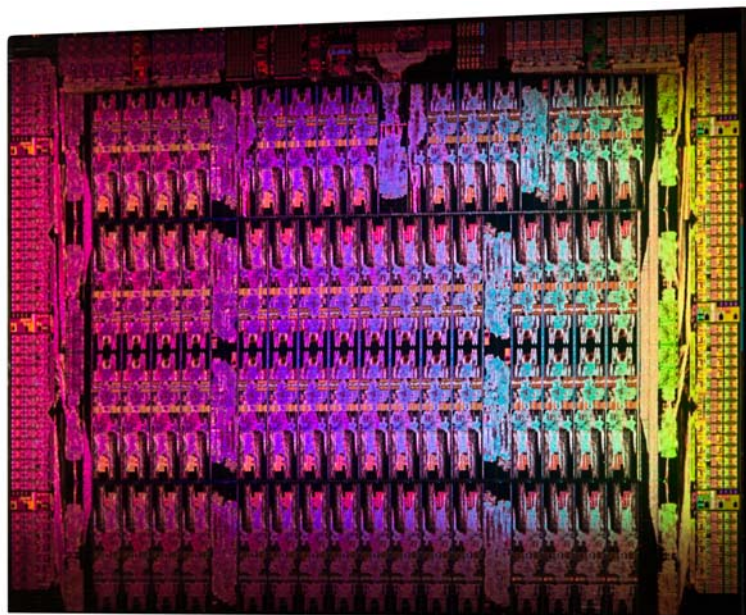


圖 4. Intel Xeon Phi 系列處理器的構造，這個型號內含 62 個運算處理核心。

不管電腦裡安裝幾顆處理器，裡面有多少處理核心，執行時電腦會自動判斷哪個核心有空，然後把工作交給它負責運算，而達到類似同時安裝多顆處理器的效果，提昇處理效率。當然，這裡所謂的效率，是指它可以執行更多項工作，對單一工作來說並不會比較快。因為不管電腦裡安裝多少顆處理器，每顆處理器又有多少核心，還是需要軟體的配合才能發揮效果，否則就算裝了 60 核

心的 Intel Xeon Phi 處理器，單一工作處理速度還是跟單核心的「舊型」電腦差不多，這部份在連載第 4 期「雲端計算一定比較快嗎？」曾經提過，有興趣的朋友回去參考看看。

雲端主機處理器的運作

了解現有電腦處理器的運作原理後，再來談雲端主機處理器的運作原理，應該就會比較容易了解。其實，我們可以把現在這種配備多核心處理器的個人電腦也看做雲端電腦，因為我們只要把工作丟給處理器，它就會自己分配給有空的核子去做運算，至於哪個核子處理什麼工作就不用管了，這樣的特性也符合我們一開始所講的雲端電腦的特性。

當然，真正的雲端電腦並沒有這麼單純，而是不管實體主機有幾台也都要能夠整合在一起。對單一主機裡面的多顆處理器或更多的處理核子，任務的調配工作自然就已經內建成為基本功能。但多台電腦間的整合就要使用專屬的系統程式來處理，先安裝在其中一台主機並加以執行，然後設定哪幾台實體電腦主機也屬於這個雲端主機的一部分，讓系統知道現在整個雲端主機上面有多少處理器、記憶體、硬碟空間等資源可以運用。實際運作時，系統程式只負責將工作分配給有空閒的處理核子，真正的運算工作則由接到工作的核子進行，處理完畢後就發出訊號通知系統程式它已經做完了，並將結果回傳，這樣系統程式就知道它有空了，可以再把新的工作丟給它。

因此，雲端電腦的「處理器」是由參與的實體主機裡面的所有處理器及核子共同組成的，任務的分配由系統程式負責，實際的運算處理則由被分配到的核子負責，整個運作原理就跟單一主機裡面的中央處理器和週邊設備差不多。就算參與的實體主機廠牌、型號、規格、等級是否相同，也可以循這樣的模式整合在一起。如果有某台實體主機故障了，也可以隨時停機維修，系統只要把任務傳送給剩下來的主機和處理器就行了；等到主機修好恢復運作，系統就可以繼續把任務傳送給它，整個維修過程對服務的進行並不會有影響。這也是雲端化的優點之一，讓所有電腦就可以互相支援，不會因為某台電腦故障而影響整體運作，而能提供不間斷的服務。

另一個優點是，由於整合後的雲端主機會擁有一大堆處理核子，然而一般的用途根本不需要這麼多核子，因此通常不會直接把雲端主機當做一台電腦來用，而是在雲端電腦中安裝許多台虛擬電腦，然後依照需求分配處理器、硬碟和記憶體資源給每台虛擬電腦使用。例如要當網路主機的話，就給它較多的處理核子和硬碟和記憶體，若只當文書處理打字使用而已，那就只要分配一個核子就夠用了。這樣一來，就可以把整合後的雲端主機再加以分割，分別提供不同用途的應用。如果某台虛擬電腦臨時需要較多的資源，只要從系統程式加以調整就行了。而且由於所有的虛擬主機都是放在整合後的雲端主機上面，因此都會受到保護，不會因為某台實體主機故障而停止運作。真正做到將電腦資源整合再重新分配～也就是「一即是全、全即是一」的效果。

結語

本期介紹電腦中央處理器的運作模式，說明原本一次只能處理一件事的處理器，如何透過輪詢、中斷和直接記憶體等方式，達到「同時」處理多項工作的效果。然後再介紹新世代的多核心處理器及多處理器電腦運作模式，藉以延伸到雲端電腦的運作模式，說明雲端電腦是如何將很多台電腦裡面的資源加以整合，統一運用所有的處理器裡面的運算處理核心來處理更多的事情，或者依照需要將雲端電腦分割成許多台虛擬電腦，分別提供不同的服務，同時又能在實體主機故障時仍然保持運作，做到服務不中斷的境界。

除了上期介紹的記憶體和本期介紹的處理器整合之外，硬碟儲存空間也是電腦一項重要資源，因此下一期將繼續為大家介紹雲端化時硬碟的整合與分配，敬請期待。